

Homoktalaj fizikai és fizikai—kémiai tulajdonságainak megváltozása szerves gél hatására

A. KULLMANN, J. LEHFELDT ÉS H. BENKENSTEIN

Az NDK Agrártudományi Akadémiájának Talajtermékenységi Kutatóközpontja, Münchenberg, és a Humboldt Egyetem Növénytermesztési Szekciója, Berlin (NDK)

A polivinilalkohol, illetve poliakrilamid alapú szerves gélek nagy mennyiségben képesek vizet felvenni és a hálószerűen elrendeződő molekulaláncok kapilláris közeiben tárolni (FUJIWARA és ITO, 1969; WATANOBE et al., 1974). A gélek víztároló tulajdonsága a talaj—gél keverékben is megmarad (EL-HADY et al., 1981; JOHNSON, 1984; TAYEL és EL-HADY, 1981). Indokoltnak tartottuk megvizsgálni, hogy egy NDK-ban előállított szerves gél milyen hatást gyakorol a talajtulajdonságokra.

Anyag és módszerek

A hidrofil gél^t dimetil-diallil-ammonium-klorid és változó mennyiségű fumársav-diallilészter kopolimerizációjával kaptuk (BALLSCHUH et al., 1979; BENKENSTEIN et al., 1986).

A kísérleteket egy diluviális homoktalajon (típusa: podzoluvisol) végeztük (1. táblázat) és a gél^t a 0—20 cm-es talajrétegbe dolgoztuk be.

A következő módszereket alkalmaztuk: a talaj térfogattömegét és víztartalmát gravimetrikusan; a pórus-indexszámot KÉZDI (1979) szerint; a talaj duzzadását VASZIL'EV szerint (BIRECKI et al., 1968); a pH-értékeket alacsony tenzióméternyomá-

1. táblázat

A vizsgált talaj jellemzői

(1) A kísérlet módja	(2) Szemcseösszetétel, % (szemcseátmérő mm-ben)			(3) Talajféleség	(4) C ₁ , %	pH
	<0,002	0,002—0,063	0,063—2,0			
a) Laboratóriumi	1,5	7,0	91,5	c) Homok	0,46	5,7
b) Szabadföldi	6,7	24,9	68,4	d) Erősen vályogos homok	0,57	5,9

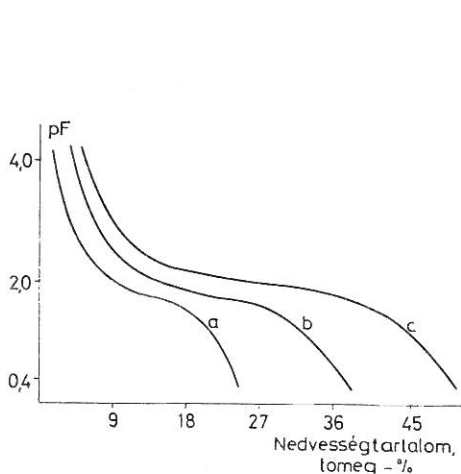
sokra a kapilláriméteres módszerrel (KULLMANN és LEHFELDT, 1981), magasabb tenziókra a VETERLEIN-féle membrános nyomásmérő készülékkel (BIRECKI et al., 1968); a hidraulikus vezetőképességet SCHÖNBERG szerint (BIRECKI et al., 1968); a vízvesztéséget párologtatással (KULLMANN és KOEPKE, 1969); a talaj $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmát COTTE-CAHANE szerint; a növények N-tartalmát KJELDAHL szerint és az N^{15} -gyakorúságot az „ISONITROMAT 5200” készülékkel határoztuk meg.

Az eredmények értékelése

A gél duzzadás közben száraz súlyának 120-szorosát képes vízből felvenni.

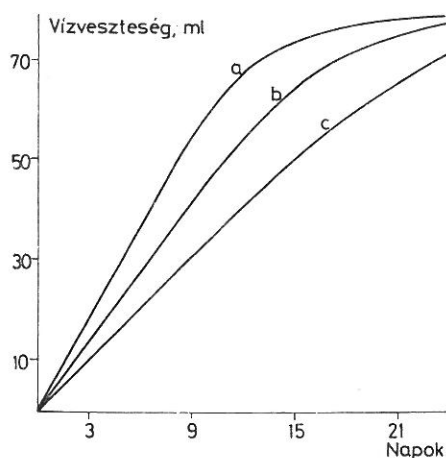
Ha egy 60 cm magas hengerben elhelyezett száraz homoktalaj—gél keverékhez kapilláris úton vizet vezetünk ($pF = 0,5$, a víz hőmérséklete 18°C), a duzzadás kevesebb mint 3 óra alatt befejeződik. A vízmennyiség 75%-a az első 30 perc alatt szívódik fel. A talaj—gél keverék maximális duzzadási térfogata a felhasznált gél mennyiségétől függ. Az 1. ábrán látható pF -görbe szerint a talaj—gél keverék víztartó képessége lényegesen javult a kezeletlen homoktalajéhoz képest. Ezt a laboratórium-ban végzett párologtatási kísérletek (a levegő hőmérséklete $16\text{—}18^\circ\text{C}$, relatív nedvességtartalma 50—70%) is igazolták (2. ábra). A talaj—gél keverék szignifikánsan kevesebb vizet ad le időegység alatt, mint a gél nélküli minták. A szabadföldi talajnedvesség-mérések (3. ábra) azt is bizonyítják, hogy a gél a vizet reverzibilisen képes felvenni, illetve leadni. A gél által tárolt víz legnagyobb része a mért pF -értékek alapján felvehető a növények számára.

Mint hogy a vízfelvétel a gél duzzadása mellett megy végbe, ugyanakkor a durva pórusok ($> 10\mu\text{m}$) részben vízzel telítődnek, a vízmozgás korlátozottabbá válhat. A



1. ábra

Homoktalaj pF -görbéi a gélkezelés függvényében. a) gél nélküli kezelés; b) 0,5%; c) 1,0% gél hozzáadása



2. ábra

Homoktalaj kiszáradásának lefutása géladagolás hatására, 80 ml víz hozzáadását követően, laboratóriumi körülmények között. a) gél nélküli kezelés; b) 0,125%; c) 0,5% gél hozzáadása

2. táblázat

Egy erősen vályogos homoktalaj térfogattömege és pórusindexszáma (e) a felhasznált gél mennyiségének függvényében

(1) Kezelések	(2) Felhasznált gél mennyisége (száraz talajra vonatkoz- tatva tömeg-%-ban)	(3) 3 hónap után			(6) 18 hónap után		
		(4) Térfogat- tömeg, g · cm ⁻³	(5) Relatív térfogat- tömeg, %	e	(4) Térfogat- tömeg, g · cm ⁻³	(5) Relatív térfogat- tömeg, %	e
a) Gél nélkül		1,59	100	0,67	1,46	100	0,82
b) Géllal	0,125	1,40	88,05 ⁺	0,89	1,35	92,46 ⁺	1,10
	0,250	1,20	75,47 ⁺	1,21	1,18	80,82 ⁺	1,25
	0,500	0,96	60,38 ⁺	1,76	0,93	63,70 ⁺	1,85

Megjegyzés: Mintavétel a kísérlet kezdete után 3, illetve 18 hónappal; a szignifikancia a gél nélküli kontrollhoz viszonyított. ⁺ 10%-os valószínűségi szinten szignifikáns

talajmintavevő hengerekből származó talajoszlopok vízáteresztő képességének vizsgálata (lefelé irányuló áramlás és konstans hidraulikus nyomás mellett) azonban azt mutatja, hogy a vertikális vízmozgás a lassan, illetve a gyorsan telítődő durva pórusokban 0,5% vagy annál kevesebb gél felhasználása esetén nem csökken. A talajhoz kevert gél tehát gyakorlatilag nem korlátozza a kapilláris vízmozgást.

Egy további kísérlet során a mintavevő hengerbe egy 40 mm-es homokrétegre 10 mm talaj—gél keveréket, majd egy újabb 40 mm-es homokréteget helyeztünk. Ebben az esetben a talajoszlop a vizet kapillárisan vette fel, s az alkalmazott pF = 1,1-es érték mellett az alsó és felső homokrétegben nem lehetett szignifikáns nedvességtartalombeli különbségeket kimutatni a kontrollhoz képest (KULLMANN et al., 1983). A talaj—gél keverék rétegében viszont statisztikusan igazolható víztöbblet mutatkozott.

A gél duzzadás miatti térfogatnövekedése okozza a 4. ábrán bemutatott összefüggést, mely a talajnedvesség, a levegőtérfogat és a talaj térfogattömege között fennáll. A két utóbbi jellemző a vízfelvételtől, illetve -leadástól függően állandóan változik. Így pl. 3, illetve 18 hónappal a gél hozzáadása után — a gélmennyiségtől függően — a 2. táblázatban található térfogattömeg-értékeket mértük. Ez a talajlazító hatás részben kiszáradás után is megmarad (BENKENSTEIN et al., 1984), mivel a zsugorodó gél a pórusfalakra tapad és az adhéziós erők következtében a laza talajszerkezetre stabilizáló hatást gyakorol (KULLMANN et al., 1982). Egy ismételt nedvesítésnél fellépő duzzadás újbóli, autogén fellazulást eredményez.

A gél duzzadása közben a hálót képző molekulaláncok közé ideiglenesen vízmolekulák és velük együtt molekulárisan vagy ionosan oldott tápanyagok jutnak be. Ezenkívül az ionok egy része szorpciós úton, a gél quarterner ammóniumgyökeiben (pl. NO₃⁻), vagy mellékvegyértékek segítségével (pl. NH₄⁺, kötődik meg (BENKENSTEIN et al., 1985). Egy két éves tenyészedény-kísérlettel igazoltuk (3. táblázat), hogy az adott N-műtrágyák a növények számára felvehető állapotban maradnak, és a műtrágya-N érvényesülésére a gél nem gyakorol negatív hatást. A ¹⁵N-tel jelzett karbamid, illetve lebomlási termékeinek megkötődése sem bizonyítható.

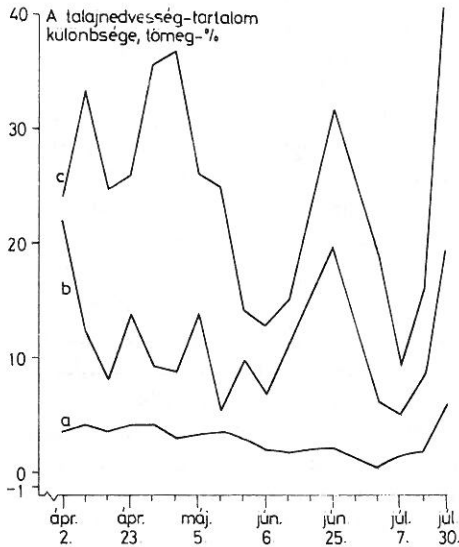
3. táblázat

A növények N-felvétele és a műtrágya-N hasznosulása tenyészedeny-kísérletekben

(1) Év	(2) Növény	(3) Kezelések	(4) A növény N-felvétele, mg/edény	(5) A műtrágya-N hasznosulása, az adott N %-ában
1982	a) zab	c) gél nélkül	422	42,2
		d) géllal	401	40,1
	b) angolperje (1. és 2. vágás)	gél nélkül	389	48,6
		géllal	442	55,2
1983	zab	gél nélkül	463	46,3
		géllal	592	59,2
	angolperje (1. és 2. vágás)	gél nélkül	467	58,3
		géllal	421	52,6

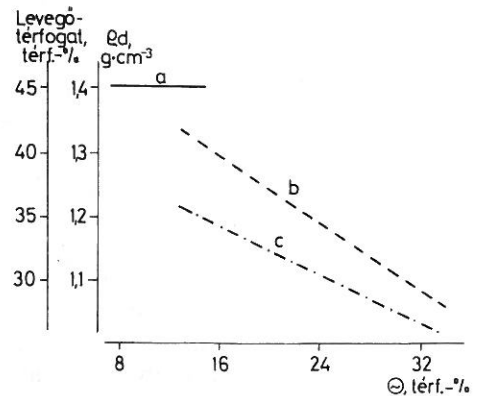
Megjegyzés: Műtrágyaadag: 1 g N karbamid alakjában vetés előtt a zab esetében, ill. 0,8 g N az angolperje esetében

Ha a gélt közvetlenül vetés előtt dolgozzuk be a talajba, lehetséges, hogy a növények a fejlődés korai szakaszaiban növekedésükben visszamaradnak. Ennek mértéke növényfajtánként változik, pl. a zsásza (*Lepidium L.*) érzékenyebben reagál a



3. ábra

Vályogos homoktalaj nedvességtartalmának időbeli változása 1982-ben (a géllal kezelt, illetve nem kezelt parcellák nedvességtartalmának különbsége, kisparcellás kísérlet, 0–6 cm talajréteg). a) 0,125%; b) 0,25%; c) 0,5% gél hozzáadása



4. ábra

A talaj térfogattömege (ρ_d) és levegőtérfogata a talaj nedvességtartalmának függvényében (egy homoktalajon végzett szabadföldi kísérlet adatai). a) térfogattömeg, gél nélküli kezelés; b) térfogattömeg, 0,33 % gél hozzáadása; c) levegőtérfogata, 0,33 % gél hozzáadása

gél jelenlétére, mint a zab. Mivel a gél bevitele után a második és az azt követő többi növénykultúra termesztésénél ilyen káros hatás nem tapasztalható, feltehető, hogy a gél fitotoxikusan ható alkotórészeinek monomér maradékai az idő folyamán kimosódnak vagy lebomlanak. Ezért ajánlatos a gél pár hónappal a vetés előtt (tehát tavaszi vetésnél előző ősszel) a talajba juttatni. Ha ellenben a gél felhasználás előtt vízzel kimossuk (BENKENSTEIN et al., 1986) a fitotoxikus maradványok nagy része eltávozik és a növényeket nem éri káros hatás.

A géllal kezelt talajok vízgazdálkodásában kimutatható változások, a talajszerkezet javulása, valamint a tápanyagok tárolása, kedvezően hatnak a növények fejlődésére. Egy hároméves szabadföldi kísérletben 15—45%-os rozsterméstöbbletet kaptunk (4. táblázat). Eszerint 0,33 tömeg-% gél (10 t/ha) bedolgozása a 0—20 cm-es talajrétegbe minden esztendőben, még a száraz 1982-es évben is, nagyobb és kiegyenlítettebb hozamokat eredményezett. Azonkívül átlagosan 7,2%-kal emelkedett a mindenkor ősszel adott műtrágya-N (100 kg/ha karbamid) hasznosulása. A gél alkalmazása utáni első évben különlegesen nagy terméstöbblet mutatható ki, ami elsősorban a talaj—gél komplexből történő N-felvétellel magyarázható. A kontrollhoz képest a N-felvétel a gél-kezelésekben 1980-ban 53%-kal, 1981-ben 3%-kal és 1982-ben 21%-kal volt magasabb. Feltehető, hogy az 1980-as rendkívül magas talaj-N érték részben a gél monomér, hálóra be nem épült maradék alkotórészeinek tulajdonítható. A fenti szabadföldi kísérlet terméstöbbletei egyszersmind a gél többéves hatását is jól mutatják.

Egy másik szabadföldi modellkísérletben, 6 évvel a gél alkalmazása után a talaj térfogattömege még mindig szignifikánsan (13%-kal) volt kisebb, illetve augusztus hó folyamán a talaj nedvessége a géllal kezelt parcellákon maximálisan 76%-kal volt nagyobb mint a kontroll esetében.

A szerves gélek alkalmazását a gyakorlatban rendkívül száraz területeken ajánlják (AZZAM et al., 1983; JOHNSON, 1984; TAYEL és EL-HADY, 1981). Az NDK-ban egyelőre gazdasági okokból nem célszerű gél használni a talajok javítására. De kertészetekben, bizonyos kultúrák alá, indokolt lehet gél talajba keverése (AZZAM,

4. táblázat

Szem- és szalmatermés, valamint a műtrágya-N hasznosulása egy őszirozsmonokultúrával végzett kispácellás kísérletben

(1) Év	(2) Gél nélkül			(6) Géllal		
	(3) Szem	(4) Szalma	(5) Műtrágya-N hasznosulása, %	(3) Szem	(4) Szalma	(5) Műtrágya-N hasznosulása, %
	q/ha			q/ha		
1980	49,8	72,4	22,2	72,3	84,0	33,7
1981	59,4	78,8	24,9	68,6	82,0	28,4
1982	50,3	66,4	26,0	67,5	74,0	32,5

Megjegyzés: 100 kg N/ha karbamid alakjában ősszel adva

1983; AZZAM et al., 1983; PILL és FIELDHOUSE, 1982). A gél alkalmazása viszonylag nagyon költséges, de ha többéves tartós hatását tekintjük, felhasználása egyes területeken perspektivikus lehet, Így pl:

- a felláptőzeg-készletek csökkenése indokoltta teheti egyes szubsztrátumok víztartó képességének javítása céljából gél adagolását;

- gél helyettesíthetne egyes — viszonylag rövid ideig ható — talajlazításra használt anyagokat, mint pl. szalmát, fakérget, stb.;

- talaj nélküli kultúrákban (pl. ásványi eredetű gyapot) az öntözés gyakoriságának csökkentésére és a tápanyagok tárolásának elősegítésére gél lehetne alkalmazni;

- s nem utolsósorban felhasználható nedves eljárással végzett vetés esetén (HARMATH és NADAS, 1985; MÜLLER, 1981).

Összefoglalás

Egy szerves gél, mely duzzadáskor száraz súlyának 120-szorosát képes vízből felvenni, különböző mennyiségben ($\leq 1\%$) homoktalajjal (agyagtartalom: $\leq 7\%$) kevertünk össze. Kapilláris úton történő átnedvesítéskor a talaj—gél keverék a víz legnagyobb részét 30 perc alatt magába szívta. A pF-értékek meghatározása kimutatta, hogy a felvett víz legnagyobb része a növények számára felvehető állapotban van, valamint azt, hogy a talaj—gél keverék víztartó képessége lényegesen nagyobb, mint a kezeletlen talajé. Ezt bizonyítják a laboratóriumi párologtatási kísérletek, valamint a szabadföldön végzett talajnedvesség-mérések is. A gél vízfelvetele és -leadása reverzibilis. Kis mennyiségű gél ($\leq 0,5\%$) alkalmazása sem a durva pórusok vízáteresztő képességét, sem a kapilláris vízmozgást nem befolyásolja.

A talaj—gél keverék növekvő duzzadásával csökken a talaj térfogattömege. Ez a laza talajszerkezet kiszáradás után is megmarad. Egy újabb átnedvesedésnél fellépő duzzadás újbóli autogén fellazulással jár.

Míg a műtrágyával adott nitrogén egy része szorpcióval kötődik a gél quaterner ammónium-csoportjaihoz, addig a jóval nagyobb mennyiségű egyéb tápelem molekulárisan vagy ionosan oldott állapotban, a vízzel együtt, a felduzzadt gél hálószerűen kapcsolódó molekulaláncai közti térben raktározódik el. A műtrágya-N nem kötődik le ott véglegesen, ezért felvehető marad.

Szabadföldi kísérletben a talaj—gél keverék számottevően novelte az őszi rozs hozamát, és a száraz időjárás káros hatását is mérsékelte. A gél-kezelés hatása több mint 6 évig megmutatkozik.

A talaj—gél keverék alkalmazását az NDK-ban — gazdasági okok miatt — egyelőre csak egyes kiválasztott kertészeti kultúrák alá javasoljuk.

Irodalom

- AZZAM, R. A. I., 1983. Polymeric conditioner gels for desert soils. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* **14**. 739—760.
- AZZAM, R. et al., 1983. Sand-RAPG combination simulating fertile clayey soil (I—IV). In: *Isotope and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies*, 1983. 321—349. Proc. Series. IAEA, Vienna.
- BALLSCHUH, D., OHME, R. & RUSCHE, J., 1979. Verfahren zur Herstellung polymerer Tetraalkylammonium-Verbindungen. DD—PS 141 029; IPC: CO8F 126/04; Anm.—Dat. 6. 2. 1979.
- BENKENSTEIN, H. et al., 1984. Zu den Auswirkungen eines eingemengten aromatischen Gels auf das Bodengefüge und den Pflanzenertrag. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* **28**. 345—350.
- BENKENSTEIN, H. et al., 1985. Einfluss eines organischen hydrophilen Gels auf die Wirkung eines Nitrifikationsinhibitors nach Harnstoffdüngung zu Winterroggen. *Wiss. Z. Humboldt- Univ., Math.-Nat. R.* XXXIV. **6**. 541—544.
- BENKENSTEIN, H. et al., 1986. Ein weiterentwickeltes hydrophiles organisches Gel zur Verbesserung des Wasserhaushaltes und der Nährstoffspeicherung von Sandböden. *Wiss. Z. Humboldt- Univ.* (im Druck)
- BIRECKI, M. et al., 1968. Untersuchungsmethoden des Bodenstrukturzustandes. Dt. Landwirtschaft. Verl. Berlin.
- EL-HADY, O. A., TAYEL, M. Y. & LOFTY, A. A., 1981. Super gel as a soil conditioner. II. Its effect on plant growth, enzymes activity, water use efficiency and nutrient uptake. *Acta Hortic. The Hague*. **119**. 257—266.
- FUJIWARA, K. & ITO, Y., 1969. Polyvinylalcohol containing soil conditioner. Ja-PS 7504574; IPK AOIN 7/02; Anm.—Dat. 11. 4. 1969.
- HARMATH, A. & NADAS, P., 1985. Flüssigaussaat (fluid drilling) vorgekeimter Gemüsesamen. *Intern. Z. Landwirtschaft.* **43**—44.
- JOHNSON, M. S. 1984. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *J. Sci. Food Agric.* **35**. 1196—1200.
- KÉZDI, Á., 1979. Stabilized earth roads. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KULLMANN, A. & KOEPKE, K., 1969. Über Laborversuche zum Flüssigmulchen mit einigen Bodenverbesserungsmitteln. *Thaer-Arch.* **13**. 283—289.
- KULLMANN, A. & LEHFELDT, J., 1981. Zur Wasserretentionsbestimmung bei niedrigen Saugspannungen an gestörten Bodenproben. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* **25**. 385—388.
- KULLMANN, A. et al., 1982. Verfahren zur Verbesserung des Bodengefüges. DD—PS 209 644; IPC: CO9K 17/00; Anm.—Dat. 25. 8. 1982.
- KULLMANN, A. et al., 1983. Zur Beeinflussung des Wassergehaltes von Sandböden durch ein hydrophiles organisches Gel. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.* **27**. 491—497.
- MÜLLER, S., 1981. Flüssigsaat im Gemüsebau. *Gemüsebau*. **44**. 19—21.
- PILL, W. G. & FIELDHOUSE, D. J., 1982. Emergence of pregerminated tomato seed stored in gels up to twenty days at low temperatures. *J. Amer. Soc. horticult. Sci.* **107**. 722—725.
- TAYEL, M. Y. & EL-HADY, O. A., 1981. Super gel as a soil conditioner. I. Its effect on some soil-water relations. *Egypt. J. Soil Sci.* **21**. 103—104.
- WATANABE, T., ONO, T. & MORIYA, K., 1974. Polyacrylamide water retaining agent. JA—PS 75157161; IPK AOIN 7/99; Anm.—Dat. 6. 6. 1974.

Érkezett: 1985. október 4.

The Effect of an Organic Gel on the Physical and Physical—Chemical Properties of a Sandy Soil

A. KULLMANN, J. LEHFELDT and H. BENKENSTEIN

Research Center for Soil Fertility of the Academy of Agricultural Sciences of the GDR, Müncheberg,
and Dept. of Plant Production of the Humboldt University, Berlin (GDR)

Summary

Various quantities ($\leq 1\%$) of an organic gel (capable of absorbing water up to 120-times its dry weight during swelling) were mixed into a sandy soil (clay content: $\leq 7\%$). On capillary moistening the soil—gel mixture absorbed most of the water in 30 minutes. The determination of the pF values indicated that most part of the water was available to plants, and that the water-holding capacity of the soil—gel mixture is considerably higher than that of the original sandy soil. This is also proved by evaporation experiments in the laboratory as well as soil moisture measurements in the field. Water absorption by the gel is a reversible process. If a small quantity ($\leq 0.5\%$) of the gel is mixed into the soil, it affects neither the permeability of the macropores, nor capillary moisture movements.

When the soil—gel mixture is swelling, its density is decreasing. Soil texture becomes lighter and stays that way even after drying out. If the mixture is moistened again, further swelling results in an even lighter texture.

While a part of fertilizer-N is bonded by sorption to the quaternary NH_4 -groups of the gel, the far larger part of it is in the space between the net-like molecule chains in either molecular or ionic forms.

In field trials the soil—gel mixture increased the yield of winter rye, and lessened the yield decreasing effect of drought. Nevertheless, on the basis of economic considerations, for the time being the use of soil—gel mixture is recommended only in the production of certain horticultural plants.

Table 1. Relevant characteristics of the soils used in the study. (1) a) Laboratory experiment; b) field experiment. (2) Particle-size fractions, per cent (particle-size diameter in mm). (3) Soil variety: c) sand; d) very loamy sand. (4) Total organic matter content expressed as C, per cent.

Table 2. Bulk density and pore index number (e) of a very loamy sand as affected by treatments with various amounts of gel. (1) Treatment: a) control (without gel); b) with gel. (2) Amount of gel used (given in mass percentage of dry soil). (3) After three months. (4) Bulk density, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$. (5) Relative bulk density, per cent. (6) After eighteen months. *Remarks:* samples were collected three and eighteen months after the gel treatment, respectively. The level of significance is defined in relation to the control. + Level of significance: 10%.

Table 3. N uptake by the test plants and the utilization of fertilizer-N in pot experiments. (1) Year. (2) Test plant: a) oats; b) ryegrass (1st and 2nd cuttings). (3) Treatment: c) control (without gel); d) with gel. (4) N uptake by the plants, mg/pot. (5) Utilization of fertilizer-N, as a percent of applied N. *Remarks:* fertilizer dose: 1 g N as urea for oats and 0.8 g N for ryegrass before sowing.

Table 4. Grain and straw yield, and the utilization of fertilizer-N in a small plot experiment with winter rye monoculture. (1) Year. (2) Control. (3) Grain; (4) Straw, q/ha. (5) Utilization of fertilizer-N, %. (6) With gel. *Remarks:* fertilizer dose: 100 kg N/ha as urea, applied in the autumn.

Fig. 1. Moisture retention (pF) curves of a sandy soil as affected by various gel treatments. a) control (without gel); b) 0.5% gel; c) 1.0% gel. Horizontal axis: moisture content, in bulk percentage.

Fig. 2. The drying-out of a sandy soil after the addition of 80 ml water, as affected by various gel treatments, under laboratory conditions. a) control; b) 0.125% gel; c) 0.5% gel. Horizontal axis: days. Vertical axis: moisture loss, ml.

Fig. 3. Changes in the moisture content of a loamy sand in time, in 1982. (The Figure shows the difference between the moisture contents of the control plot and the treated plots in the 0—6 cm top layer.) a) 0.125% gel; b) 0.25% gel; c) 0.5% gel. Horizontal axis: date of measurement. Vertical axis: difference in the soil moisture contents, bulk percentage.

Fig. 4. The bulk density (ρ_d) and air volume (volume percentage) of a sandy soil as a function of the soil moisture content (the data were obtained in a field experiment). a) bulk density, control; b) bulk density, 0.33% gel; c) air volume, 0.33% gel. Horizontal axis: moisture content, volume percentage.

Изменение физических и физико-химических свойств песчаных почв под влиянием органического геля

А. КУЛЛМАНН, Е. ЛЕХФЕЛДТ И Х. БЕНКЕНШТЕЙН

Научно-исследовательский центр плодородия почв Академии Сельскохозяйственных Наук ГДР, Мюнхенберг и
Секция растениеводства Университета Хумбольдт, Берлин (ГДР)

Резюме

Один органический гель, способный во время набухания поглощать 120-кратное собственному весу количество воды, в разных дозах ($\leq 1\%$) примешивали к песчаной почве (содержание глины $\leq 7\%$). При увлажнении капиллярным подпитыванием смесь почвы с гелем за 30 минут впитала в себя большую часть воды. Определение кривых pF показало, что большая часть впитавшейся воды находилась в доступной для растений форме и то, что влагоемкость смеси почва — гель значительно выше, чем необработанной почвы. Это подтверждают и лабораторные опыты с испарением, а также определение влажности, проведенное в полевых условиях. Впитывание и отдача воды гелем процессы обратимые. Использование геля в небольших количествах ($\leq 0,5\%$) не влияет ни на водопроницаемость крупных пор, ни на капиллярное передвижение влаги.

По мере увеличения набухания снижается объемная масса почвы—геля. Такое рыхлое сложение остается и после высыхания почвы. Набухание при повторном увлажнении сопровождается новым автогенным разрыхлением.

Одна часть азота, внесенного с минеральным удобрением, путем сорбции связывается с кватерной аммонийной группой геля, другая часть в молекулярно- или ионнорастворенной форме вместе с водой располагается в пространстве между молекулярными цепочками набухшего геля. Поскольку азот удобрения не связывается окончательно, он остается доступным для растений.

В полевом опыте смесь почва-гель значительно увеличила урожай озимой ржи, и умерила неблагоприятное влияние сухой погоды. Обработка гелем оказывает благопри-

ятное действие в продолжении шести лет. Использование смеси почва — гель предлагается в ГДР — по экономическим причинам — пока только под отдельные выбранные огородные культуры.

Табл. 1. Показатели исследованных почв. (1) Способ проведения опыта. а) Лабораторный; б) Полевой. (2) Механический состав почвы, % (диаметр почвенных части в мм). (3) Название почвы по механическому составу. с) песок; d) тяжелая супесь. (4) Общее количество органического вещества, выраженного в С, %.

Табл. 2. Объемная масса и индекс порозности одной тяжелой супеси (е) в зависимости от количества использованного геля. (1) Обработки. а) без геля. б) с гелем. (2) Количество использованного геля (в пересчете на сухую почву, в объемных процентах). (3) Спустя три месяца. (4) Объемная масса, $\text{г} \cdot \text{см}^{-3}$. (5) Относительная объемная масса, %. (6) Спустя 18 месяцев. *Примечание:* Взятие образцов через 3 или 18 месяцев после начала опыта; достоверность сравнивается с контролем без геля. + Достоверно на 10%-ом уровне вероятности.

Табл. 3. Усвоение растениями азота и использование азота минерального удобрения в вегетационных опытах. (1) Год. (2) Растение: а) овес; б) райграсс английский (1. и 2. срезы). (3) Обработки. с) без геля; d) с гелем. (4) Усвоение азота растением, мг/сосуд. (5) Использование азота минерального удобрения в % от внесенного количества. *Примечание:* Дозы минерального удобрения: 1 г азота в форме мочевины перед посевом под овес и 0,8 г азота под райграсс английский.

Табл. 4. Урожай зерна и соломы и использование азота минерального удобрения в опыте с монокультурой озимой ржи, проведенном на мелких делянках. (1) Год. (2) Без геля. (3) Зерно; (4) Солома, ц/га; (5) Использование азота минерального удобрения, %. (6) С гелем. *Примечание:* 100 кг азота на га в форме мочевины при внесении осенью.

Рис. 1. Кривые рF песчаной почвы в функции обработки гелем. а) без геля; б) внесение 0,5% геля; с) внесение 1,0% геля. По горизонтальной оси: влажность в объемных процентах.

Рис. 2. Кривая высыхания песчаной почвы под влиянием внесения геля, после прибавления 80 мл воды, в лабораторных условиях. а) вариант без геля; б) внесение 0,125% геля; с) внесение 0,5% геля. По горизонтальной оси: время в днях. По вертикальной оси: потеря воды, мл.

Рис. 3. Изменение влажности тяжелой супеси во времени, в 1982 году (разницы между влажностью почвы обработанной и не обработанной гелем, мелкоделяночные опыты, 0—6 см слой почвы). а) Внесение 0,125% геля; б) Внесение 0,25% геля; с) Внесение 0,5% геля. По горизонтальной оси: время измерения. По вертикальной оси: разницы между влажностью почвы в объемных процентах.

Рис. 4. Объемная масса почвы (ρ_d) и объем пор аэрации (AV) в функции влажности почвы (данные полевого опыта, проведенного на песчаной почве). а) объемная масса, вариант без обработки гелем; б) объемная масса при внесении 0,33% геля; с) поры аэрации при внесении 33% геля. По горизонтальной оси: влажность в объемных процентах.